



Espacenet

Bibliographic data: DE 19950433 (A1)

Network has nodes for media access checking with test signal generators for providing test signals outside allocated time slots, detectors of faults in associated and/or other node(s)

Publication date: 2001-04-26

Inventor(s): BUDE WOLFGANG O [DE]; ZINKE MANFRED [DE]; FUHRMANN PETER [DE] +

Applicant(s): PHILIPS CORP INTELLECTUAL PTY [DE] +

Classification:

- international: **H04L12/26; H04L12/403; H04L12/417; H04L12/44; H04L29/14;** (IPC1-7): B60R16/02; G08C15/00; H02J13/00; H04L12/403; H04L12/44
- European: H04L12/26T; H04L12/403; H04L12/44; H04L29/14

Application number: DE19991050433 19991019

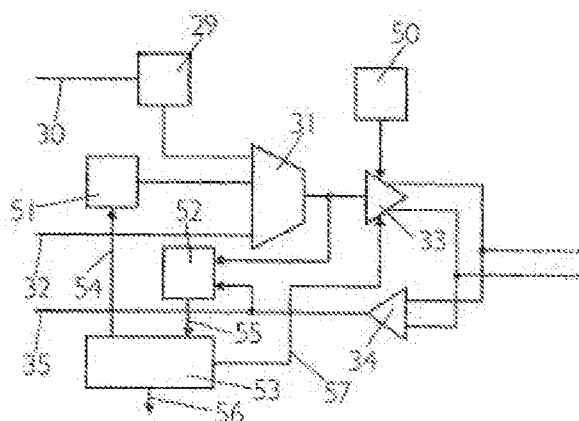
Priority number (s): DE19991050433 19991019

Also published as:

- US 6996115 (B1)
- JP 2003512769 (A)
- EP 1145503 (A2)
- EP 1145503 (A3)
- EP 1145503 (B1)
- more

Abstract of DE 19950433 (A1)

The network has several nodes that are coupled together, each controlled by a bus monitor to send messages during allocated time slots and to receive messages outside the time slots. Each node has a test signal generator for providing a test signal outside the allocated time slots and a test signal detector for detecting faults in the associated node and/or at least one other node. Independent claims are also included for the following: network nodes in a network with several further inter-coupled network nodes.



Last updated: 26.04 2011 Worldwide Database 5.7.23 1; 93p



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 50 433 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 199 50 433.4
㉑ Anmeldetag: 19. 10. 1999
㉒ Offenlegungstag: 26. 4. 2001

㉓ Int. Cl.⁷:
H 04 L 12/403
H 04 L 12/44
G 08 C 15/00
// B60R 16/02, H02J
13/00

DE 199 50 433 A 1

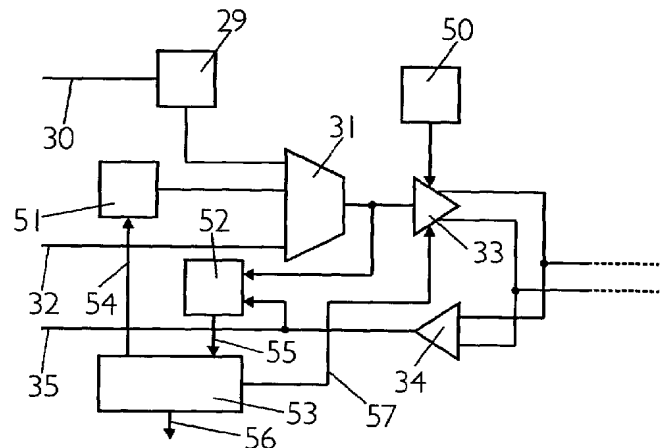
㉔ **Anmelder:**
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
22335 Hamburg, DE

㉕ **Erfinder:**
Budde, Wolfgang O., Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE;
Zinke, Manfred, 52066 Aachen, DE; Fuhrmann,
Peter, 52080 Aachen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉖ **Netzwerk mit mehreren Netzknoten zur Medienzugangsprüfung**

㉗ Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk mit mehreren untereinander gekoppelten Netzknoten. Gesteuert von einem Bus-Wächter senden die Netzknoten jeweils während eines zugeordneten Zeitabschnitts Nachrichten und empfangen außerhalb dieses Zeitabschnitts Nachrichten von anderen Netzknoten. Jeder Netzknoten enthält einen Testsignalgenerator, der jeweils außerhalb des zugeordneten Zeitabschnitts zur Lieferung eines Testsignals vorgesehen ist, und enthält einen Testsignal-detektor, der jeweils nach Empfang eines Testsignals von wenigstens einem anderen Netzknoten außerhalb des Zeitabschnitts zur Detektion vorgesehen ist, dass ein defektes Schaltungsteil in dem zugeordneten Netzknoten und/oder in wenigstens einem anderen Netzknoten vorliegt.



DE 199 50 433 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Netzwerk mit mehreren Netzknoten. Solche Netzwerke können beispielsweise in Kraftfahrzeugen, in der Industrieautomatisierung (z. B. Sensorsysteme) und Hausautomatisierung (z. B. Lichttechnik, Alarmanlagen, Heizungsanlage, Klimatechnik etc.) eingesetzt werden.

In einem solchen Netzwerk für die Kraftfahrzeugtechnik kann z. B. das aus der Zeitschrift "Elektronik", Nr. 14, 1999, Seiten 36 bis 43 (Dr. Stefan Polenda, Georg Kroiss: "TTP: "Drive by Wire" in greifbarer Nähe") bekannte TTP-Protokoll (TTP = Time-Triggered Protocol) verwendet werden. Dieses Protokoll ermöglicht eine sichere Datenübertragung und kann daher auch in Netzwerken für sicherheitsrelevante Vorrichtungen (z. B. Bremsen) gebraucht werden. In dem erwähnten Artikel ist als Netzwerkstruktur ein Bussystem erwähnt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein anderes Netzwerk mit mehreren Netzknoten zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch ein Netzwerk der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Netzknoten während eines zugeordneten Zeitabschnitts jeweils gesteuert von einem Bus-Wächter zur Sendung von Nachrichten und außerhalb dieses Zeitabschnitts zum Empfang von Nachrichten vorgesehen sind, dass jeder Netzknoten einen Testsignalgenerator enthält, der jeweils außerhalb des zugeordneten Zeitabschnitts zur Lieferung eines Testsignals vorgesehen ist, und dass jeder Netzknoten einen Testsignaldetektor enthält, der jeweils nach Empfang eines Testsignals von wenigstens einem anderen Netzknoten außerhalb des Zeitabschnitts zur Detektion vorgesehen ist, dass ein defektes Schaltungsteil in dem zugeordneten Netzknoten und/oder in wenigstens einem anderen Netzknoten vorliegt.

Die Erfindung bezieht sich auf den Einsatz des Netzwerks in sicherheitsrelevanten Anwendungen. Zum Schutz des Netzwerks gegen den Ausfall eines Knotens wird ein Kontrollmechanismus für die Nachrichtenübertragung zwischen den Netzknoten eingefügt. Dieser Kontrollmechanismus wird als Medienzugangsprüfung bezeichnet und prüft z. B., ob ein Netzknoten zum falschen Zeitpunkt oder gar ständig sendet. Den Medienzugriff steuert ein Bus-Wächter in einem Netzknoten. Dieser ermöglicht im funktionsfähigen Zustand, dass der Netzknoten nur während eines vorgegebenen oder zugeordneten Zeitabschnitts eine Nachricht senden kann.

Die einzelnen Netzknoten können über verdrehte (twisted-pair) metallische Kabel oder über optische Lichtleiter miteinander gekoppelt sein. Hierbei kann beispielsweise eine Bus- oder Sternstruktur verwendet werden.

Hierbei wird in der für die eigentliche Nachrichtenübertragung nicht genutzten Zeit kurzfristig ein Testsignal von einem Testsignalgenerator zu anderen Netzknoten übertragen, welches auf Grund des Bus-Wächters im fehlerfreien Fall gar nicht bis zu den anderen Netzknoten vordringt. Ein Testsignaldetektor prüft dann, ob das eingespeiste Testsignal zum Netzknoten wieder zurückkommt. Ist dies der Fall, kann ein Defekt des Bus-Wächters vorliegen. So wird nur mit Hilfe eines Testsignals ohne zusätzlichen Leitungsaufwand (Kabel oder Lichtleiter) zwischen den Netzknoten auf einfache Weise der Medienzugriff geprüft.

Wie Anspruch 2 angibt, kann auch mit Hilfe eines die Detektionsergebnisse auswertenden Steuerwerks nicht nur die Funktionsfähigkeit des Bus-Wächters im zugeordneten Netzknoten sondern auch die von anderen Netzknoten ausgewertet werden.

Falls ein Schaltungsteil (z. B. Bus-Wächter) in einem Netzknoten ausgefallen ist, detektiert dies das zugeordnete

Steuerwerk und sperrt den Ausgang des Netzknotens (Anspruch 3). Dies Sperrung kann beispielsweise durch eine Deaktivierung eines schaltbaren Verstärkers am Ausgang des Netzknotens durchgeführt werden.

Anspruch 4 zeigt eine Methode zur Feststellung, ob ein Testsignalgenerator defekt ist. Anspruch 5 beschreibt ein Netzwerk mit mehreren Netzknoten und einem Sternknoten in einer Sternstruktur, bei dem eine Nachrichtenübertragung mit Hilfe eines Pilotsignals durchgeführt wird. Das Pilotsignal erzeugt ein Pilotsignalgenerator, wie Anspruch 6 angibt. Der Pilotsignalgenerator kann hierbei auch als Testsignalgenerator dienen (Anspruch 7). Der Testsignaldetektor kann auch zur Detektion des während des zugeordneten Zeitabschnitts erzeugten Pilotsignals vorgesehen sein (Anspruch 8).

Die Erfindung bezieht sich auch auf einen Netzknoten in einem Netzwerk mit mehreren weiteren, untereinander gekoppelten Netzknoten.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Figur näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Netzwerk in Sternstruktur mit mehreren Netzknoten, die über einen aktiven Sternknoten gekoppelt sind,

Fig. 2 eine erste Ausführungsform einer Sternschnittstelle in einem Sternknoten,

Fig. 3 eine erste Ausführungsform eines ersten Sternknotens,

Fig. 4 einen Teil eines Netzknotens mit einem Pilotsignalgenerator,

Fig. 5 ein Teil eines Zeitverlaufs zweier Signale im Netzwerk,

Fig. 6 eine zweite Ausführungsform einer Sternschnittstelle in einem Sternknoten,

Fig. 7 eine zweite Ausführungsform eines ersten Sternknotens und

Fig. 8 ein Zustandsübergangsdiagramm für ein Steuerwerk, welches in **Fig. 4** enthalten ist.

Ein Ausführungsbeispiel eines Netzwerks in Sternstruktur ist in **Fig. 1** dargestellt. Dieses Netzwerk enthält beispielsweise vier Netzknoten **1** bis **4**, die jeweils über verdrehte, für eine symmetrische Signalübertragung vorgesehene Leitungspaare **5** bis **8** (twisted-pair) miteinander über einen aktiven Sternknoten **9** gekoppelt sind. Der aktive Sternknoten **9** führt eine Leitungsanpassung durch, so dass die Leitungspaare **5** bis **8** im aktiven Sternknoten **9** mit dem Wellenwiderstand abgeschlossen sind, und detektiert ein von einem Netzknoten **1** bis **4** ausgesendetes Pilotsignal. Wenn die Leitungspaare **5** bis **8** ohne aktiven Sternknoten **9** miteinander verbunden wären, entstünde für jedes Leitungspaar im Sternpunkt eine Fehlanpassung durch den Impedanzsprung von Z_0 auf $1/3 Z_0$, die durch die Parallelschaltung der jeweils anderen Leitungspaare verursacht wird. Zur Erzeugung eines Pilotsignals enthält noch jeder Netzknoten **1** bis **4** einen Pilotsignalgenerator.

Es ist auch möglich, den aktiven Sternknoten **9** und die Netzknoten **1** bis **4** über optische Lichtleiter zu koppeln. In dem Sternknoten **9** und in den Netzknoten **1** bis **4** müssen dann jeweils noch optisch-elektrische bzw. elektrisch-optische Umsetzer an den Enden der optischen Lichtleiter enthalten sein.

Der aktive Sternknoten **9** enthält für jedes Leitungspaar **5** bis **8** eine Sternschnittstelle, die eine Weiterleitung der Nachrichten eines sendenden Netzknotens zu allen anderen am aktiven Stern angeschlossenen Netzknoten ermöglicht. Ein Ausführungsbeispiel einer solchen Sternschnittstelle ist in **Fig. 2** gezeigt. Ein Leitungspaar **5** bis **8** ist mit den Eingängen eines schaltbaren Verstärkers **10**, mit den Ausgängen eines weiteren schaltbaren Verstärkers **11**, mit einem Pilotsignaldetektor **12** und mit einem Abschlusswiderstand **13** ver-

bunden. Der Wert des Abschlusswiderstandes **13** entspricht dem Wellenwiderstand und dient damit zum korrekten Leitungsabschluss. Wenn der Pilotsignaldetektor **12** ein Pilotsignal detektiert, erzeugt dieser ein Freigabesignal, welches zu einem Schalteingang **14** des schaltbaren Verstärkers **10**, zu einem invertierenden Eingang eines UND-Gatters **15** und über einen Verstärker **17** und eine Leitung **18** zu einem ODER-Gatter **23** (Fig. 3) geführt wird. Wenn der schaltbare Verstärker **10** freigegeben ist, liefert dieser Daten zu einer zu einem Verknüpfungspunkt führenden Datenleitung **19**. Von dieser Datenleitung **19** werden auch Daten von den anderen Sternschnittstellen empfangen und über den schaltbaren Verstärker **11** zu dem zugeordneten Leitungspaar geleitet. Über eine Leitung **20** wird noch dem nichtinvertierenden Eingang des UND-Gatters **15** ein Freigabesignal über das ODER-Gatter **23** (Fig. 3) von einer anderen Sternschnittstelle geliefert. Der nichtinvertierende Ausgang des UND-Gatters **15** ist mit einem Schalteingang **21** des schaltbaren Verstärkers **11** sowie über einen Inverter **16** mit einem Freigabeeingang **22** des Pilotsignaldetektors verbunden.

Ein schaltbarer Verstärker **10** oder **11** kann auch als Reihenschaltung aus Verstärker und Schalter (Schaltelement) ausgeführt werden. Im geschlossenen Zustand dieses Schalters wird das Ausgangssignal des Verstärkers weitergeleitet.

Der Pilotsignaldetektor überprüft, ob der zugeordnete Netzknoten durch Aussenden des Pilotsignals zeigt, dass er Nachrichten bzw. Daten übertragen wird. Ist dies der Fall, wird der Verstärker **11** deaktiviert (im allgemeinen wird er bereits in diesem Zustand sein) und der Verstärker **10** aktiviert bzw. freigegeben. Das von dem zugeordneten Leitungspaar kommende Nachrichtensignal wird zur Leitung **19** geführt und damit an die anderen Sternschnittstellen weitergegeben. Zusätzlich wird durch das vom Pilotsignaldetektor **12** erzeugte Freigabesignal den anderen Sternschnittstellen signalisiert, dass sie ihrerseits ihren Verstärker **11** aktivieren oder freigeben sollen, um die Nachrichten an die jeweiligen zugeordneten Netzknoten weiterzuleiten.

Wie in Fig. 3 dargestellt, werden die Leitungen **18** aller Sternschnittstellen in dem ODER Gatter **23** verknüpft. Weiter zeigt Fig. 3 vier Sternschnittstellen **24** bis **27**, die jeweils mit den Leitungspaar **5** bis **8** gekoppelt sind. Der Ausgang des ODER Gatters **23** ist mit den Leitungen **20** (Fig. 2) jeder Sternschnittstelle **24** bis **27** verbunden. Die Leitungen **19** (Fig. 2) jeder Sternschnittstelle **24** bis **27** sind miteinander über einen Schaltungsknoten **28** verknüpft.

Um zu verhindern, dass ein von einem Leitungspaar **5** bis **8** kommendes Signal in dasselbe wieder zurückgespeist wird, wird über den invertierenden Eingang des UND-Gatters **15** der Verstärker **11** deaktiviert oder abgeschaltet. Um andererseits zu verhindern, dass der einem anderen Netzknoten zugeordnete Pilotsignaldetektor seinerseits seinen Verstärker **10** aktiviert, wird das über die Leitung **20** (Fig. 2) transportierte Freigabesignal über UND-Gatter **15** und Inverter **16** zur Unterdrückung des Freigabesignals für den Pilotsignaldetektor **12** verwendet. Damit wird auch der Verstärker **10** über seinen Schalteingang **14** abgeschaltet oder deaktiviert. Der Pilotsignaldetektor **12**, dessen Pilotsignal bewirkt, dass die zugeordnete Sternschnittstelle Daten empfängt oder empfangen soll, bleibt allerdings weiterhin aktiv, um das Ende der Datenübertragung erkennen zu können.

Zur einwandfreien Funktion des aktiven Sternknotens **9** ist es erforderlich, dass die Netzknoten **1** bis **4** ihre Nachrichten zeitlich nicht-überlappend versenden. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass für die Dauer einer gewissen Totzeit kein Netzknoten aktiv ist oder Nachrichten bzw. Daten sendet. In diesem Zustand wird der Sternknoten völlig undurchlässig geschaltet (d. h. alle Verstärker **10** und **11** sind deaktiviert). In diesem Zustand wartet eine Stern-

schnittstelle **24** bis **27** in dem Sternknoten **9** auf ein neues Pilotsignal, mit dem ein Übertragungswunsch von Nachrichten angegeben wird.

Grundsätzlich gilt, dass das Pilotsignal immer vor dem Beginn der tatsächlichen Nachrichtenübertragung ausgesendet werden muss. Nur dann ist sichergestellt, dass der aktive Sternknoten **9** rechtzeitig konfiguriert wird und auch der Beginn der Nachricht alle anderen Netzknoten erreicht.

In Fig. 4 ist dargestellt, auf welche Weise das Pilotsignal in einem Netzknoten **1** bis **4** erzeugt und über ein Leitungspaar **5** bis **8** übertragen wird. Wenn ein Netzknoten eine Nachricht oder Daten zu anderen Netzknoten senden möchte, erhält ein Pilotsignalgenerator **29** über eine Leitung **30** beispielsweise ein Startsignal. Der Pilotsignalgenerator **29** liefert dann ein Pilotsignal zu einem Multiplexer **31**, dem noch von einer Leitung **32** zu sendende Daten zugeführt werden. Das von dem Multiplexer **31** abgegebene Signal wird über einen schaltbaren Verstärker **33** auf das zugeordnete Leitungspaar gegeben. Ein von einem anderen Netzknoten stammendes Signal wird von dem Leitungspaar über einen Verstärker **34** auf eine Leitung **35** zur weiteren Verarbeitung geführt.

Der in Fig. 4 gezeigte Multiplexer kann dabei sowohl als zeitlicher Multiplexer (Senden des Pilotsignals als Start- und Stoppsignal jeweils vor und nach der eigentlichen Nachricht) oder als Frequenzmultiplexer ausgestaltet sein. Das bedeutet, dass das Pilotsignal entweder als ein andauerndes Signal die gesamte zu übertragene Nachricht begleiten kann oder dass es in Form eines Start- und Stoppsignals ausgesendet werden kann. Dabei kann z. B. durch unterschiedliche Dauer sichergestellt werden, dass das Start- und Stoppsignal sich hinreichend unterscheiden und der Wechsel zwischen Übertragungszeitraum und Übertragungspause nicht verwechselt wird.

Das Pilotsignal kann auf verschiedene Weisen erzeugt werden. Eine Möglichkeit besteht darin, dass es ein periodisches Signal sein kann, dessen Frequenzbereich außerhalb des für die Übertragung der Nachrichten genutzten Frequenzbereiches liegt. Dieser Frequenzbereich kann oberhalb oder unterhalb des Nutzfrequenzbandes liegen, aber auch bei entsprechender Spezifikation des Nutzbandes aufgrund der schmalbandigen Natur des Pilotsignals in "Lücken" des Nutzfrequenzbandes. Eine weitere Möglichkeit ist, die eigentliche Nachricht als symmetrisches Gegentaktsignal und das Pilotsignal als Gleichtaktsignal zu übertragen. Das Gleichtaktsignal kann sowohl in Form einer konstanten Spannung als auch in Form eines periodischen Signals gestaltet werden. Eine dritte Möglichkeit für das Pilotsignal ist, dass dieses in Form der Nachrichtenübertragung voran- und nachgestellter, spezieller Symbole realisiert wird.

Das Netzwerk eignet sich besonders gut für die Anwendung in Netzwerken, die nach dem TTP-Protokoll für eine Echtzeit-Kommunikation beispielsweise im Kraftfahrzeug arbeiten (vgl. Elektronik Heft 14/1999: "TTP: "Drive by Wire" in greifbarer Nähe", Seiten 36 bis 43). Bei diesem Protokoll ist zum einen festgelegt, wann welcher Sender mit Hilfe des konfliktfreien TDMA-Zugriffsverfahren (TDMA = Time Division Multiple Access) senden darf, und zum anderen ist eine Totzeit (Interframegap) definiert, in der kein Sender senden darf. Durch diesen Mechanismus ist unmittelbar gewährleistet, dass der aktive Sternknoten **9** immer wieder in den Ruhezustand zurückgeht. Es ist also mit dem TDMA-Verfahren gewährleistet, dass immer nur ein Netzknoten zu einer vorbestimmten Zeit eine Nachricht versenden darf und dazu mittels des von ihm ausgesendeten Pilotsignals im Sternknoten die ihm zugeordnete Sternschnittstelle zur Weiterleitung von Nachrichten aktiviert oder veranlasst.

Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass zur Ansteuerung des sogenannten Bus-Wächters (bus guardian) ein Steuersignal im Netzwerknoten vorliegen muss, das zeitlich kurz vor dem Beginn der Nachrichtenübertragung liegt. Dieses Steuersignal kann unmittelbar zur Ansteuerung des Pilotsignalgenerators 29 verwendet werden, indem dieses Steuersignal auf der Leitung 30 dem Pilotsignalgenerator 29 zugeführt wird.

In Fig. 5 ist dieses Steuersignal mit BG und die eigentliche Nachricht mit data gekennzeichnet. Das Steuersignal BG ist während der Aussendung einer Nachricht beispielsweise in einem niedrigen Zustand. Während dieses niedrigen Zustandes des Steuersignals soll die Nachricht übertragen werden. Ein erster Zeitraum T1 nach einem Wechsel des Steuersignals in den niedrigen Zustand und ein zweiter Zeitraum T2 vor einem Wechsel des Steuersignals in den hohen Zustand müssen dabei so gewählt werden, dass der aktive Sternknoten 9 korrekt konfiguriert ist und bleibt, um eine Nachricht fehlerlos übertragen zu können. Es bleibt noch zu erwähnen, dass das TTP-Protokoll unterschiedliche (konstante) Nachrichtenverzögerungszeiten zwischen verschiedenen Netzwerknoten im Netzwerk unterstützt. Damit verstößt die durch den aktiven Sternknoten 9 hervorgerufene Verzögerungszeit nicht gegen das TTP-Protokoll.

Das Netzwerk ermöglicht die Aussendung eines Pilotsignals mit jeder Art von Signalübertragung für die Nachrichten von einem Netzknoden 1 bis 4. Beispielsweise kann für die Nachrichtenübertragung eine symmetrische Gegentakübertragung, Einzeleiterübertragung oder trägerfrequenzmodulierte Übertragung gewählt werden. Bei gleichtaktmäßiger Kopplung der Leitungspaare 5 bis 8 könnte ggf. auch mit der Nachrichtenübertragung eine Versorgungsspannung übertragen werden.

Anstelle des in der Fig. 3 benötigten ODER-Gatters 23 kann diese ODER-Verknüpfung auch direkt durch eine Wired-OR-Verknüpfung realisiert werden. Eine für die Wired-OR-Verknüpfung geeignete Sternschnittstelle zeigt Fig. 6. Diese Sternschnittstelle nach der Fig. 6 ist bis auf die schaltungsmäßige Verknüpfung des Ausgangs des Verstärkers 17 identisch mit der Sternschnittstelle der Fig. 2. In der Fig. 8 führt der Ausgang des Verstärkers 17 nicht auf die Leitung 18, sondern auf die Leitung 20 (Wired-OR). Damit ist der Ausgang des Verstärkers 17 mit dem invertierenden Eingang des UND-Gatters 15 verbunden. Der Verstärker 17 ist in der Fig. 2 als "Push-Pull"-Verstärker und in der Fig. 6 als "Open-Collector"- bzw. "Open-Drain"-Verstärker realisiert.

Durch diese Wired-OR-Verknüpfung verringert sich der Verdrahtungsaufwand und es entfällt das ODER-Gatter 23 in dem aktiven Sternknoten 9 und es ergibt sich eine einfache Erweiterbarkeit des Netzwerks mit weiteren Netzknoden durch Wegfall des ansonsten in verschiedenen Varianten vorzuhaltenden ODER Gatters. Die Sternschnittstellen 24 bis 27 sind in diesem Fall mit ihrem jeweiligen Leitungen 19 und 20 verbunden, so dass sich dadurch, wie in Fig. 7 gezeigt, zwei Schaltungsknoten 47 und 48 bilden. Zusätzlich ist nur ein Widerstand 49 vorzusehen, der einerseits mit dem Schaltungsknoten 47 und andererseits mit einer Versorgungsspannung gekoppelt ist. Dieser Widerstand bildet zusammen mit den Verstärkern 17 jeder Sternschnittstelle die Wired-OR-Verknüpfung.

Wenn das Netzwerk in sicherheitsrelevanten Anwendungen angewendet wird, muss zum Schutz des Netzwerks gegen den Ausfall eines Knotens ein zusätzlicher Kontrollmechanismus für die Nachrichtenübertragung zwischen den Netzknoden 1 bis 4 (Medienzugriff) eingefügt werden. Insbesondere ein Ausfall derart, dass ein Knoten zum falschen Zeitpunkt oder gar ständig sendet, muss unbedingt vermieden werden. Erfindungsgemäß wird der Ausfall eines der

Kontrollmechanismen beim Medienzugriff dadurch erkannt, dass während einer für die eigentliche Nachrichtenübertragung nicht genutzten Zeit eine kurzfristige, gezielte Verletzung der Medienzugriffsregeln vorgetäuscht wird und damit die Wirkung der zusätzlichen im folgenden zu beschreibenden Medienzugriffssteuerung (im Falle von TTP/C der Bus Guardian) überprüft werden kann. Hierbei wird in der für die eigentliche Nachrichtenübertragung nicht genutzten Zeit kurzfristig ein Signal zur Übertragung über ein Leitungspaar 5 bis 8 eingespeist, das auf Grund der zusätzlichen Medienzugriffssteuerung (mit Hilfe des Bus-Wächter) im fehlerfreien Fall gar nicht bis in das Netzwerk vordringt.

Die Prüfung erfolgt, indem z. B. im Anschluss an den eigentlichen Zeitabschnitt für die Nachrichtenübertragung ein Testsignal gesendet wird und gleichzeitig geprüft wird, ob dieses Testsignal auf einem Leitungspaar erscheint. Als Zeitpunkt für das Aussenden des Testsignals kann z. B. die Totzeit zwischen der Nachrichtenübertragung verschiedener Netzknoden (zwischen den TDMA-Zeitschlitzten) genutzt werden.

Zur Realisierung dieser Prüfung ist im Schaltungsteil (Fig. 4), welches zur Pilotsignalerzeugung vorgesehen ist, ein Bus-Wächter 50, ein Testsignalgenerator 51, ein Testsignaldetektor 52 und ein Steuerwerk 53 enthalten. Der Testsignalgenerator 51 liefert ein Testsignal zu dem Multiplexer 31, wenn dieser über eine Leitung 54 ein Freigabesignal von dem Steuerwerk 53 erhält. Das Testsignal wird über den Multiplexer 31 und den Verstärker 33 auf das Leitungspaar gegeben. Dieses Testsignal wird ebenfalls dem Testsignaldetektor 52 von dem Multiplexer 31 zugeführt. Eine weitere Verbindung weist der Testsignaldetektor 52 noch mit der Ausgangsleitung 35 des Verstärkers 34 auf. Das Detektionsergebnis liefert der Testsignaldetektor 52 dem Steuerwerk 53 über Leitungen 55. Das Steuerwerk 53 liefert dem zugeordneten Netzknoden eine Statusinformation über eine Leitung 56 und ein weiteres Signal über eine Leitung 57 zum Verstärker 33, der als schaltbarer Verstärker ausgeführt ist. Des weiteren wird noch ein Signal vom Bus-Wächter 50 zum Verstärker 33 geleitet. Der Verstärker 33 ist nur dann angeschaltet oder aktiviert, wenn sowohl Bus-Wächter 50 als auch das Steuerwerk 53 Signale zur Aktivierung des Verstärkers 33 liefern.

Der in Fig. 4 enthaltene Testsignalgenerator 51 wird vom Steuerwerk 53 veranlasst, das Testsignal für eine zuvor definierte Zeitspanne nach Ende des Zeitschlitzes für das Versenden von Nachrichten zu senden. Gleichzeitig aktiviert das Steuerwerk 53 sein Freigabesignal 57 für den Verstärker 33. Der im Empfangszweig an den Verstärker 34 angeschlossene Testsignaldetektor 52 liefert das Detektionsergebnis, welches das Vorhandensein des Testsignals im Ausgangssignal des Verstärkers 34 angibt, an das Steuerwerk 53 über Leitungen 55. Das Detektionsergebnis der Selbstprüfung wird in Form eines Statussignals über Leitungen 56 dem zugeordneten Netzknoden signalisiert. Wird das Testsignal im Empfangszweig während der Selbstprüfungsphase erkannt, ist ein Fehler aufgetreten und der Verstärker 33 wird permanent deaktiviert. Andernfalls liegt kein Fehler vor. Um sicherzustellen, dass der Testsignalgenerator 51 auch tatsächlich ein Testsignal erzeugt, wird das Testsignal zwecks Überprüfung des gesendeten Testsignals auch dem Testsignaldetektor 52 zugeführt.

Da der Bus-Wächter nur während des vorgegebenen Zeitabschnittes bzw. Zeitschlitzes den Zugriff erlauben soll, kann somit das Erkennen eines Testsignals auf dem Leitungspaar außerhalb des vorgegebenen Zeitabschnittes als Fehlverhalten der Medienzugriffssteuerung interpretiert werden. Durch die Deaktivierung des Verstärkers 33 wird vermieden, dass ein ständig sendender Netzknoden bei nicht

erkanntem Fehler des Bus-Wächters den Sternknoten 9 blockiert.

Das Steuerwerk 53 kann z. B. als Zustandsmaschine (State Machine) ausgelegt werden, die von einem eigenen Taktgenerator versorgt wird. Die Information darüber, wann der Zugriff auf das Medium gestattet ist oder wann der vorgegebene Zeitabschnitt für die Nachrichtenübertragung auftritt, erhält das Steuerwerk 53 von dem zugeordneten Netzknoten, was in der Fig. 4 nicht näher dargestellt ist. Damit kann das Steuerwerk 53 die Medienzugangsprüfung unabhängig vom Bus-Wächter vornehmen. Insbesondere der Fall, wenn der Taktgenerator des Bus-Wächters versagt und der Bus-Wächter deshalb den Medienzugriff ununterbrochen ermöglicht, kann so sicher erkannt werden. Eine Ausführungsform eines Zustandsübergangsdiagramms des Steuerwerks 53 ist in Fig. 8 dargestellt.

Das Zustandsübergangsdiagramm nach Fig. 8 zeigt einen Ausgangszustand AZ, der in eine Sendephase SP übergeht, wenn der Bus-Wächter 50 und das Steuerwerk 53 den schaltbaren Verstärker 33 aktivieren und somit der Zeitabschnitt zur Sendung einer Nachricht vom zugeordneten Netzknoten beginnt. Das Steuerwerk 53 liefert zum Verstärker nur dann ein Deaktivierungssignal, wenn ein Fehler aufgetreten ist. Wenn der Zeitabschnitt endet, wird in die Testphase TP gewechselt und ein Testsignal von dem Testsignalgenerator 51 kurzzeitig gesendet.

Falls der Testsignal-detektor 52 das Testsignal am Ausgang des Multiplexers 31 erkennt und ein unerlaubtes Testsignal auf der Leitung 35 detektiert, liegt ein Fehler vor, was in Fig. 8 der Zustand F kennzeichnet. Wenn nach Abschalten des Testsignals durch das Steuerwerk 53 (über Leitung 54) kein Testsignal von dem Testsignal-detektor 52 mehr detektiert wird, liegt ein interner Fehler vor (Bus-Wächter defekt), was durch den Zustand IF angezeigt wird. Das Steuerwerk zeigt diesen Fehler als Statusinformation an und deaktiviert über die Leitung 57 den Verstärker 33.

Falls der Testsignalgenerator 51 defekt ist, stellt der Testsignal-detektor 52 kein Testsignal am Ausgang des Multiplexers 31 fest. Detektiert der Testsignal-detektor 52 zusätzlich ein unerlaubtes Testsignal auf der Leitung 35, liegt ein externer Fehler vor, was in Fig. 8 der Zustand EF kennzeichnet. Es wird hierbei ein Testsignal detektiert, obwohl kein Testsignal mehr generiert wird. Dieses Testsignal kommt von einem anderen fehlerhaften Netzknoten.

Aus dem Zustand F wird in den Zustand EF gegangen, wenn kein Testsignal mehr am Ausgang von Multiplexer 31 vom Testsignal-detektor 52 erkannt wird (Testsignalgenerator 51 abgeschaltet) und wenn ein unerlaubtes Testsignal auf der Leitung 35 detektiert wird. Das bedeutet, dass der Testsignalgenerator 51 korrekt arbeitet und ein anderer Netzknoten defekt ist.

Wenn der Testsignalgenerator 51 defekt ist, detektiert der Testsignal-detektor 52 während der Testphase kein Testsignal am Ausgang des Multiplexers 31. Liegt auch kein Testsignal auf der Leitung 35 vor (kein externer Fehler), wird in den Zustand TF gegangen. Aus diesem Zustand TF kann nicht wieder in den Ausgangszustand zurückgegangen werden. Der Zustand des Bus-Wächters kann nicht mehr festgestellt werden.

Falls während der Testphase TP ein Testsignal am Ausgang des Multiplexers 31 und kein Testsignal auf der Leitung 35 detektiert worden ist, liegt kein Fehler vor. Dies kennzeichnet der Zustand FF. Nach Anzeige der Zustände IF, EF und FF wird zurück in den Ausgangszustand AZ gegangen.

Anstelle eines Testsignals ist es auch möglich den Pilotton als Testsignal zu verwenden. Dann kann auch das Aussenden eines andauernden Pilottons erkannt werden. Dann

kann auch anstelle des Testsignalgenerators 51 der Pilot-signalgenerator 29 für die Aussendung des Pilottons als Testsignal verwendet werden. Der Testsignalgenerator 51 kann in diesem Fall wegfallen.

Grundsätzlich kann das Testsignal zu beliebigen Zeitpunkten ausgesandt werden, d. h. unmittelbar vor oder nach dem Zeitabschnitt für die Nachrichtenübertragung oder zu einem beliebigen anderen Zeitpunkt in der Totzeit zwischen Zeitabschnitten.

Eine weitere Anwendung besteht darin, auch während des Zeitabschnitts für die Nachrichtenübertragung zu prüfen, ob der für die Freischaltung der Sternschnittstelle notwendige Pilotton korrekt erzeugt wird. Diese zusätzlich Prüfung erleichtert die Fehlerdiagnose, da eine Unterscheidung zwischen einer fehlerhaften Anschlussleitung und einem fehlerhaften Pilotongenerator gemacht werden kann.

Patentansprüche

1. Netzwerk mit mehreren untereinander gekoppelten Netzknoten, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Netzknoten während eines zugeordneten Zeitabschnitts jeweils gesteuert von einem Bus-Wächter zur Sendung von Nachrichten und außerhalb dieses Zeitabschnitts zum Empfang von Nachrichten vorgesehen sind,

dass jeder Netzknoten einen Testsignalgenerator enthält, der jeweils außerhalb des zugeordneten Zeitabschnitts zur Lieferung eines Testsignals vorgesehen ist, und

dass jeder Netzknoten einen Testsignal-detektor enthält, der jeweils nach Empfang eines Testsignals von wenigstens einem anderen Netzknoten außerhalb des Zeitabschnitts zur Detektion vorgesehen ist, dass ein defektes Schaltungsteil in dem zugeordneten Netzknoten und/oder in wenigstens einem anderen Netzknoten vorliegt.

2. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass der Testsignal-detektor auch zum direkten Empfang des Testsignals des zugeordneten Testsignalgenerators vorgesehen ist und

dass ein Steuerwerk in einem Netzknoten

- zum Empfang und zur Auswertung der Detektionsergebnisse des Testsignal-detektors und

- zur Feststellung vorgesehen ist, dass ein Schaltungsteil im zugeordneten Netzknoten defekt ist, wenn nur während des zugeordneten Zeitabschnitts der zugeordnete Testsignalgenerator und ein anderer Netzknoten ein Testsignal liefern, und
- zur Feststellung, dass ein Schaltungsteil in wenigstens einem anderen Netzknoten defekt ist, wenn während des zugeordneten und der anderen Zeitabschnitts wenigstens ein anderer Netzknoten ein Testsignal liefert.

3. Netzwerk nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerwerk bei einem defekten Schaltungsteil im zugeordneten Netzknoten zur Sperrung des Ausgangs des Netzknotens vorgesehen ist.

4. Netzwerk nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerwerk in einem Netzknoten zur Feststellung vorgesehen ist, dass der zugeordnete Testsignalgenerator defekt ist, wenn während des zugeordneten und der anderen Zeitabschnitts weder ein Testsignal von dem zugeordneten Testsignalgenerator noch von einem anderem Netzknoten geliefert wird.

5. Netzwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass wenigstens ein Teil der Netzknoten über wenig-

stens einen Sternknoten direkt miteinander gekoppelt sind,
dass der Sternknoten mehrere Sternschnittstellen enthält, die wenigstens einem Netzknoten zugeordnet sind, 5
dass eine Sternschnittstelle jeweils in Abhängigkeit von einem Pilotsignal zur Weiterleitung einer Nachricht von dem zugeordneten Netzknoten zu den anderen Sternschnittstellen oder von einer anderen Sternschnittstelle zu wenigstens einem der zugeordneten 10 Netzknoten vorgesehen ist,
dass wenigstens einem Netzknoten mehr als eine Sternschnittstelle zugeordnet ist, von denen nur eine in Abhängigkeit vom Zustand des zugeordneten Netzknotens zum Weiterleiten von Nachrichten vorgesehen ist. 15
6. Netzwerk nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Netzknoten einen Pilotsignalgenerator enthält, der entweder ein Pilotsignal erzeugt, das den gesamten zugeordneten Zeitabschnitt oder den Anfang und das Ende des Zeitabschnitts angibt. 20
7. Netzwerk nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Pilotsignalgenerator auch als Testsignalgenerator dient.
8. Netzwerk nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Testsignaldetektor auch zur Detektion des während des zugeordneten Zeitabschnitts erzeugten Pilotsignals vorgesehen ist. 25
9. Netzwerk in einem Netzwerk mit mehreren weiteren, untereinander gekoppelten Netzknoten, dadurch gekennzeichnet, 30
dass der Netzknoten während eines zugeordneten Zeitabschnitts jeweils gesteuert von einem Bus-Wächter zur Sendung von Nachrichten und außerhalb dieses Zeitabschnitts zum Empfang von Nachrichten vorgesehen sind, 35
dass der Netzknoten einen Testsignalgenerator enthält, der außerhalb des zugeordneten Zeitabschnittes zur Lieferung eines Testsignals vorgesehen ist, und
dass der Netzknoten einen Testsignaldetektor enthält, der jeweils nach Empfang eines Testsignals von wenigstens einem anderen Netzknoten außerhalb des Zeitabschnitts zur Detektion vorgesehen ist, dass ein defektes Schaltungsteil in dem zugeordneten Netzknoten und/oder in wenigstens einem anderen Netzknoten vorliegt. 40

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

45

50

55

60

65

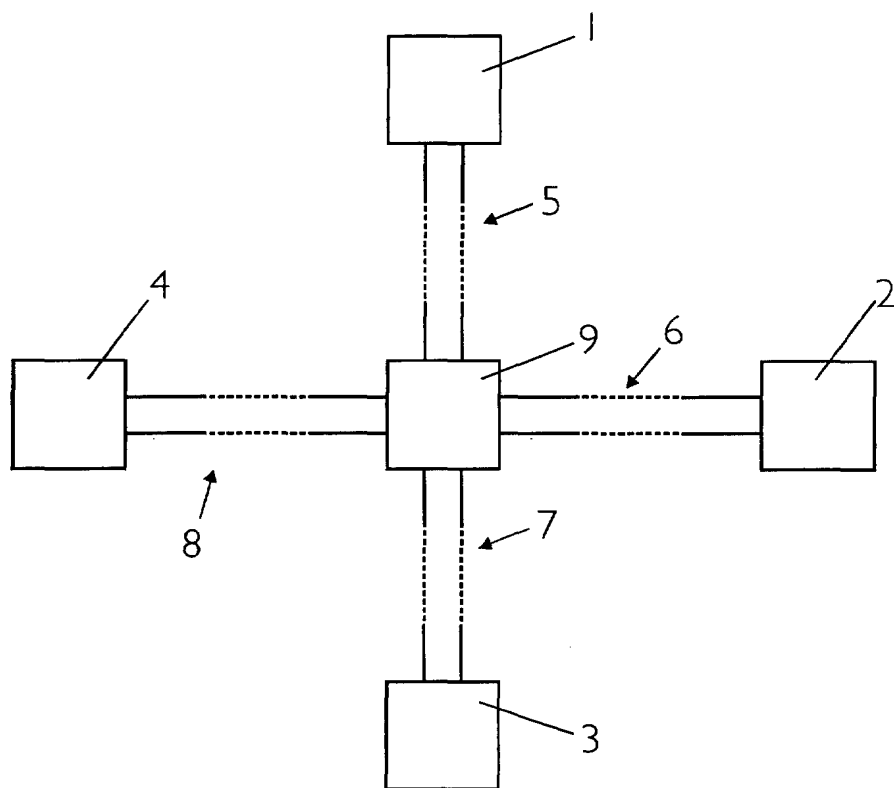


FIG. 1

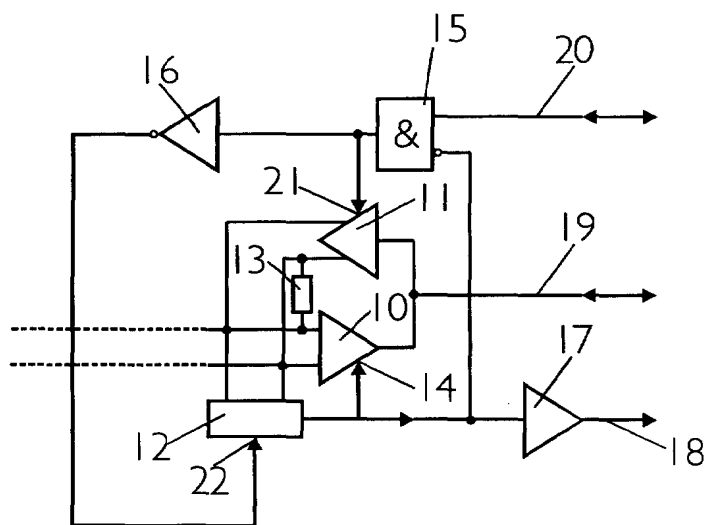


FIG. 2

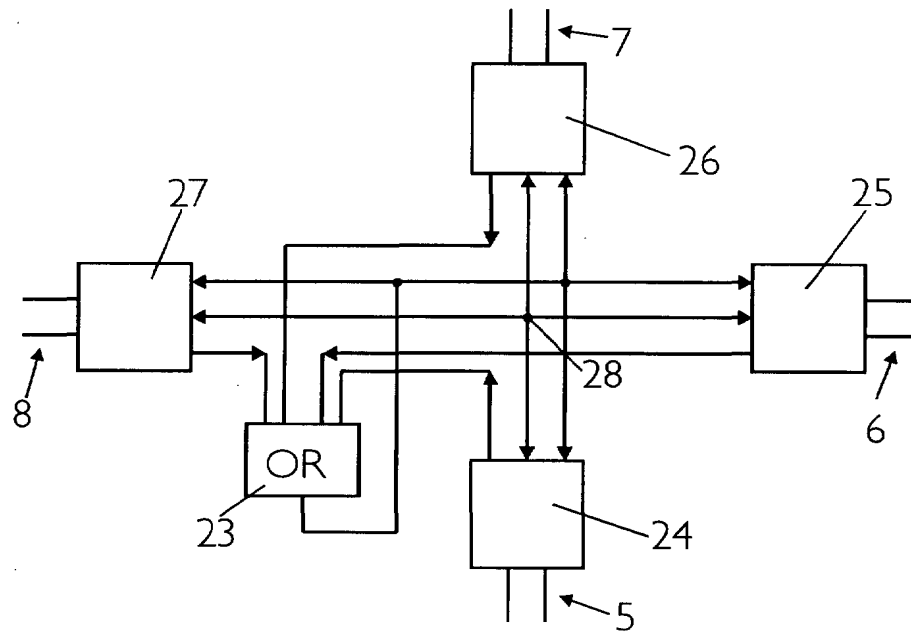


FIG. 3

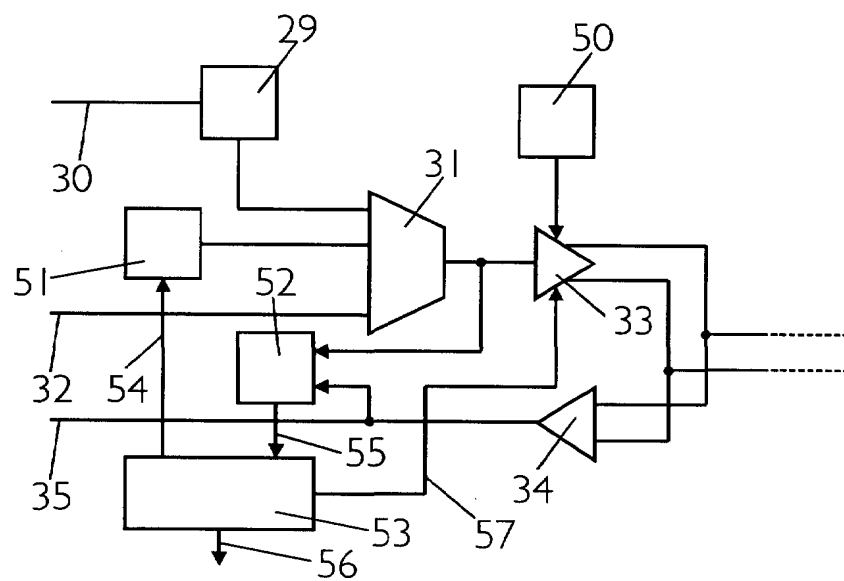


FIG. 4

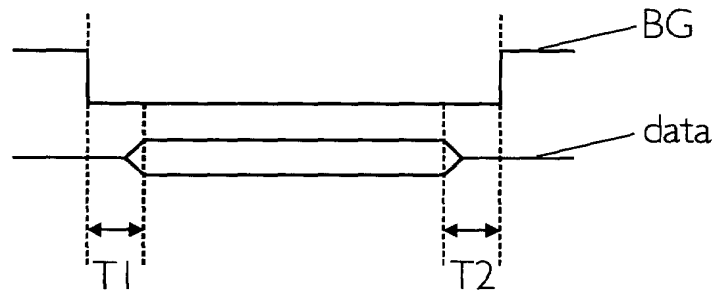


FIG. 5

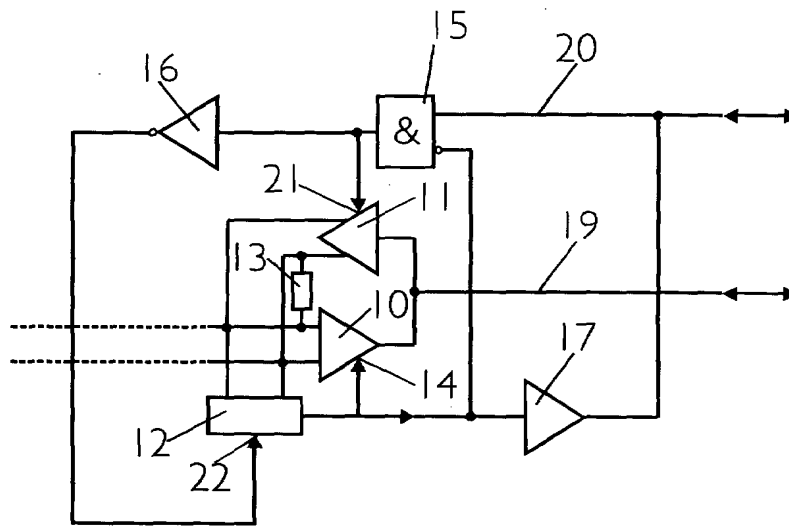


FIG. 6

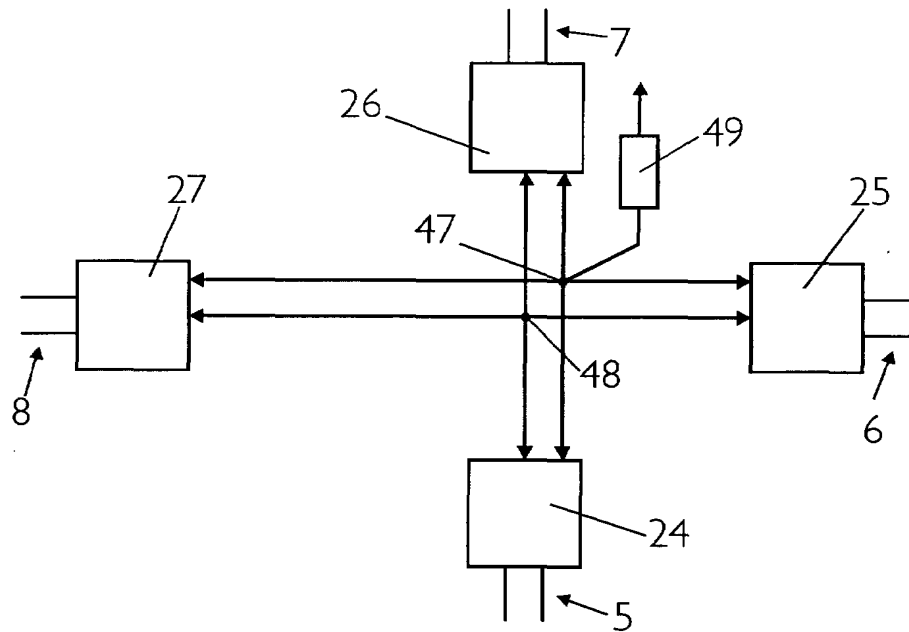


FIG. 7

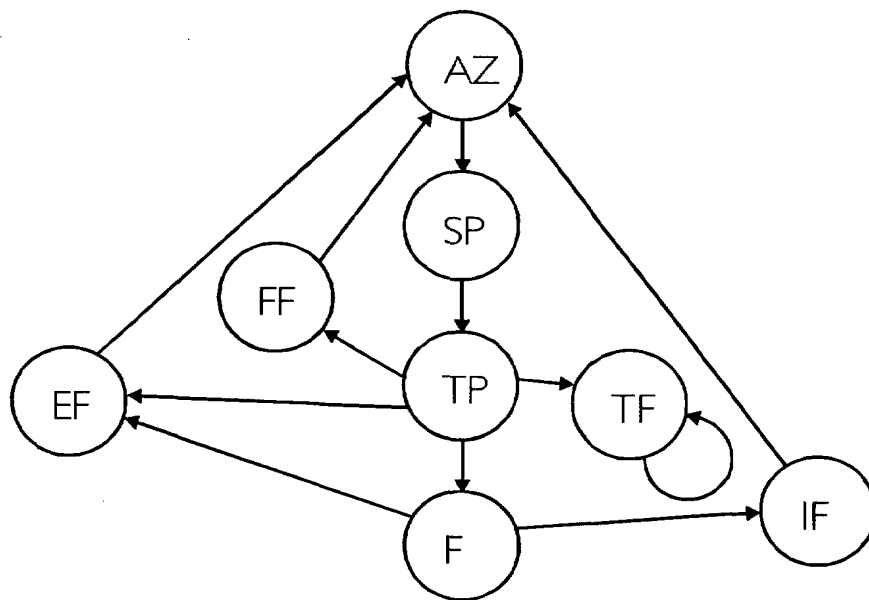


FIG. 8